

Elevage et environnement, quels enjeux en zone tropicale ?

BLANFORT V. (1), DOREAU M. (2), SOUSSANA J.F. (3)

(1) CIRAD UR Systèmes d'Elevage BP 701 - 97387 Kourou Cedex - Guyane- Email : blanfort@cirad.fr

(2) INRA UR Herbivores Centre de Clermont-Ferrand-Theix – 63122 Saint-Genès Champanelle

(3) INRA UREP Unité de Recherche sur l'Ecosystème Prairial 234, Av. du Brezet, 63 100 Clermont-Ferrand

RESUME – Les productions animales suscitent depuis plusieurs décennies un débat sociétal focalisé sur les impacts négatifs de l'élevage sur l'environnement qui s'est nuancé plus récemment. Il est désormais admis que certaines de ces productions peuvent aussi produire des services écosystémiques en plus de leur fonction productive première. L'ensemble se complexifie par une dimension géographique et renvoie à la recherche des questions génériques où spécifique au Nord et au Sud. Ces questions doivent désormais répondre à des enjeux multiples: maintenir les fonctions productives, voire les augmenter au Sud, favoriser les services environnementaux et réduire les externalités négatives. Nous abordons ces questions globales spécifiquement pour les pays du Sud. Les enjeux environnementaux dans le Sud sont nombreux, même si l'attention qui leur est accordée est insuffisante. Les émissions de gaz à effet de serre qui avaient été sous-estimées concernent en grande partie les zones tropicales, et les systèmes extensifs ont été hâtivement mis en cause. Elles sont compensées par un stockage de carbone dans les prairies, mais les références en zone tropicale restent à obtenir. La dégradation des terres nécessite une réflexion sur des systèmes plus durables. L'industrialisation de l'élevage dans de nombreux pays du Sud a créé un accroissement de la pollution des sols, des eaux et de l'air, et le traitement des effluents devient une question urgente. De même, l'impact du réchauffement climatique sur les ressources en eau reste à préciser. Enfin, le risque d'érosion de la biodiversité animale et végétale est accru, en lien avec la déforestation et les pratiques d'élevage. Il y a donc un grand champ d'investigation pour la recherche qui par souci d'efficacité devra se coordonner avec celle qui est effectuée dans les pays du Nord.

Livestock and environment, which issues in the tropics?

BLANFORT V. (1), DOREAU M. (2), SOUSSANA J.F. (3)

(1) CIRAD UR Systèmes d'Elevage BP 701 - 97387 Kourou Cedex - Guyane- Email : blanfort@cirad.fr

SUMMARY - There is currently a major societal debate on both positive and negative impacts of livestock farming and their future capability to provide ecosystems services. Research questions arising should now respond to multiple issues, maintain productive functions, see the increase especially in the South, promote environmental services and reduce the negative externalities. These issues are analysed for Southern countries. More attention has to be paid to environmental issues, which have been underestimated in tropical areas until now. Greenhouse gases emissions concern tropical areas to a large extent, and extensive systems have been hastily questioned. Emissions are compensated for by carbon sequestration in pastures, but references in the tropics are lacking. Soil degradation require studies towards more sustainable systems. The developemnt of industrial faming in southern countries resulted in a drastic increase in soil, water and air pollution, and rtequires urgent answers. In the same way, the effect of climate change on water resouerces remains to be better known. At least, deforestation and some lovestock systemus causes a loss of animal and vegetal biodiversity. Ther is a large field for research activities, which have to be better coordinated with research in Northern countries for optimising its efficiency.

INTRODUCTION

La complexification des questions sur les principes éthiques de l'agriculture est désormais admise, il ne s'agit plus simplement de nourrir les hommes mais de considérer l'environnement, la santé, les retombées socio-économiques. Ces considérations sont passées d'enjeux collatéraux de l'agriculture à des objectifs fondamentaux. Les problématiques agronomiques et écologiques entrent désormais dans un double champ de contraintes ; celui de la mondialisation et celui de la cohérence locale (Riba *in* De Turckheim *et al.*, 2009). Sans être forcément appliquées, ces évolutions sont désormais admises au Nord. Dans les pays du Sud¹ et les pays émergents, ce bouleversement de posture reste encore souvent une vision du « Nord » face aux priorités de lutte contre la faim, la malnutrition et la pauvreté auxquelles ils doivent faire face.

Mais les pays du Sud ne sauraient pour autant se mettre en marge des accords internationaux qui marquent nettement

la marche vers une conscience globale et collective des problèmes actuels et futurs de la planète, d'autant plus que l'on s'achemine vers la mise en place de mécanismes de paiement aux services environnementaux. Par ailleurs, les aides au développement des productions animales et les financements de la recherche qui en découlent sont en grande partie soumis à l'acceptabilité des modes de production par la communauté internationale.

Au sein de ce débat global et dans le cadre de la question des enjeux et priorités de la Recherche pour l'élevage dans les pays du Sud, nous nous interrogeons sur la spécificité de la préoccupation environnementale dans les régions chaudes : quels sont les enjeux de développement et de recherche en zone tropicale au regard des problèmes majeurs de production et d'organisation de l'élevage?

Pour les pays du Sud les enjeux environnementaux génériques se compliquent du fait de la contrainte majeure et encore prioritaire de production (horizon 2050 de fin de croissance de la population mondiale...). La fonction socio-économique de l'élevage est également très marquée dans les pays du Sud avec des interdépendances plus fortes. Les attentes sociétales locales diffèrent donc des réflexions

¹ Face à la diversité des situations, nous utiliserons les formulations génériques telles que "pays du Sud", "pays en développement", "régions chaudes", "régions tropicales", etc. Ces termes ne recouvrent pas les mêmes ensembles, mais le niveau de généralité de cet article ne justifie pas de s'attarder ici sur ces différents concepts.

globales. La recherche doit en tenir compte tout en tenant son rôle d'exploration et de propositions alternatives.

La synthèse de Steinfeld *et al* (1997) commanditée par la FAO, met en évidence 5 « points chauds » (*hot spots*) liés aux interactions élevage-environnement et encore d'actualité :

- la dégradation des terres semi-arides en Afrique et en Inde liée à l'extension des cultures dans les zones marginales et à un partage de plus en plus inégal de l'espace foncier conduisant à un surpâturage des espaces herbagers restants ;
- la déforestation dans les fronts pionniers de la forêt tropicale (Amazonie, Afrique tropicale humide) notamment liée au développement de formes extensives d'élevage (*ranching*) ;
- l'accumulation d'effluents d'élevage dans les zones à forte concentration animale (Asie du Sud-Est, régions insulaires) dépassant les capacités d'absorption de la terre et de l'eau ;
- la régression des systèmes polyculture-élevage du fait de la démographie humaine rurale conduisant à l'émiettement des exploitations, à l'impossibilité d'utiliser les gros ruminants pour pérenniser les transferts de fertilité et à la dégradation du milieu (régions tropicales d'altitude : Afrique Centrale, Corne de l'Afrique, Indonésie, Népal,...) ;
- la gestion insuffisante des déchets d'abattoirs dans les pays du Sud, libérant ainsi dans l'environnement de nombreux effluents dangereux pour la santé publique.

A ces points s'ajoutent depuis peu les menaces que l'élevage fait porter sur la biodiversité, et la contribution de l'élevage à l'effet de serre, les experts des pays du Nord pointant la responsabilité de l'élevage extensif au Sud.

Les enjeux principaux (impacts *versus* services environnementaux) et leur spécificité « Sud » seront développés dans cette communication en précisant les zones géographiques les plus concernées. Face à ces enjeux au sud, quelle recherche est-elle mise en place ? Répond-elle à des questions générales ou au contraire spécifiques à certaines zones ? Fait-elle appel à des méthodes particulières ou bien s'appuie-t-elle sur l'expérience acquise ailleurs ? Y a-t-il des tendances en fonction des grandes zones biogéographiques concernées ? Nous traiterons particulièrement des impacts négatifs de l'élevage sur l'environnement et dans une moindre mesure (car plus récemment pris en compte) de leurs pendants, les services écosystémiques. Il nous a paru indispensable d'intégrer le rôle prépondérant et indispensable des activités d'élevage dans les pays du Sud ; la satisfaction des besoins nutritionnels humains et le maintien des équilibres sociaux constituant des facteurs fondamentaux.

1. L'ELEVAGE DANS LES PAYS DU SUD

Selon les estimations de la FAO, l'élevage ne constitue que 1,5 % du PIB mondial, mais le secteur a un poids social et politique très important dans les pays en développement (PED). Sur les 19 milliards d'animaux d'élevage présents sur la planète, toutes catégories confondues, 70% appartiennent à des éleveurs hors pays industrialisés ; ils contribuent aux moyens de vie d'un milliard de pauvres. Depuis 1960, les effectifs de ruminants n'ont augmenté que de 50 %, alors que les populations de porcs et de volailles ont augmenté de respectivement 200 et 280 %. La croissance observée en aquaculture est encore plus forte. Ces évolutions se sont réalisées essentiellement dans les PED alors que les effectifs d'animaux domestiques stagnent ou régressent dans les pays du Nord.

L'élevage représente 40% de la production agricole brute mondiale (PAB) et fournit un apport alimentaire vital en pleine croissance dans les PED où s'est réalisé entre 1980 et 2000 l'essentiel des augmentations des productions de viande (triplément), de lait (doublement) et de leur consommation. Les prévisions pour 2050 prévoient à nouveau un doublement de ces quantités toujours dans les pays du sud (FAO, 2006a). Ces quelques chiffres, développés par ailleurs, illustrent le fait désormais indéniable que le développement attendu des productions devra s'opérer essentiellement dans les Suds avec des conséquences diverses sur l'environnement selon les types et les modes de production.

Globalement on observe une évolution des productions animales du Sud vers des systèmes intensifs et spécialisés, plutôt concentrés à la périphérie des villes au détriment des zones rurales et des systèmes mixtes et pastoraux. On constate également la part croissante de l'élevage de monogastriques, conduisant à une utilisation accrue de concentrés à base de céréales, à une compétition sur les ressources en eau et les herbages, à des déséquilibres accrus sur les zones pastorales extensives et à une compétition foncière dans les zones fortement peuplées ou urbanisées (Coulon et Lecomte, 2009). L'ensemble de ces mutations va fortement conditionner les questions de recherche et de développement futures.

2. ELEVAGE ET ENVIRONNEMENT, UNE HISTOIRE DEJA ANCIENNE

En 1992, la Conférence des Nations Unies pour l'Environnement et le Développement de Rio a marqué le début officiel d'une prise de conscience collective de l'accroissement des atteintes aux écosystèmes. Les grandes Conventions sur le changement climatique, la biodiversité, la désertification ont été signées. C'est à cette époque que l'élevage a commencé à être montré du doigt par la communauté internationale pour ses impacts sur l'environnement. Cela s'est traduit par une réduction drastique des soutiens à ce secteur de la part des institutions finançant l'aide aux PED et la naissance du dilemme entre les réponses à l'accroissement de la demande alimentaire dans les pays du Sud et l'opinion publique des pays occidentaux découvrant les vertus du développement durable.

Dès 1993, un groupe d'experts de l'élevage forme l'Initiative Élevage, Environnement et Développement (LEAD selon son acronyme anglais) animée et soutenue par les organisations internationales comme la Banque Mondiale, la FAO et par un certain nombre d'États européens et les USA notamment. Elle est restée une petite structure, hébergée à Rome par la FAO (site www.virtualcentre.org). Le rapport *Livestock's Long Shadow* (FAO, 2006a) est le produit le plus récent de LEAD. Il dresse un tableau assez accablant de la responsabilité de l'élevage dans les problèmes d'environnement les plus pressants, à savoir le réchauffement de la planète, la dégradation des terres et de la biodiversité, la pollution de l'atmosphère et des eaux, et s'adresse en priorité aux pays en développement et émergents, les pays de l'OCDE montrant un certain nombre d'avances en matière de régulation. La FAO dans son dernier rapport en cours de parution "*Livestock in a changing landscape*" (FAO, 2009) module ce diagnostic en intégrant les services environnementaux rendus par les

systèmes de productions animales et en précisant les conditions d'une intensification écologique des productions animales.

3. LES ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

3.1. ELEVAGE ET CHANGEMENT CLIMATIQUE, EMISSION DE GAZ A EFFET DE SERRE ET STOCKAGE DE CARBONE

Le réchauffement climatique est au cœur des préoccupations environnementales depuis quelques années, occultant souvent les autres sources d'inquiétude liées aux pollutions et à l'épuisement des ressources. Les données les plus récentes du GIEC (Groupe Intergouvernemental d'Experts sur le Climat, IPCC, 2007a) font état de scénarii plus préoccupants que ceux proposés il y a seulement quelques années. Les différentes projections s'accordent à prédire une augmentation de température de plusieurs degrés d'ici la fin du siècle, ce qui entraînera une modification radicale de notre environnement. La réduction des émissions de gaz à effet de serre est donc un enjeu majeur, et doit commencer dès maintenant pour avoir un effet sur la température d'ici 2050. Selon les méthodes de calcul du GIEC qui n'intègrent que les émissions directement imputables à la production agricole, celles-ci seraient responsables de 14% des émissions mondiales de gaz à effet de serre (GES), dont 31 % seraient imputables aux seules activités d'élevage. L'augmentation des émissions directes de l'agriculture de 17% entre 1990 et 2005 est essentiellement imputable aux PED et surtout aux pays émergents comme le Brésil, l'Inde et la Chine (IPCC, 2007b). Selon l'approche « cycle de vie » de la FAO, les activités d'élevage contribueraient à elles seules à 18 % des émissions anthropiques de GES. Ce chiffre tient compte de l'ensemble des émissions indirectes liées à la production et à l'acheminement des intrants (fertilisants, aliments concentrés,...) et de l'effet de la déforestation liée aux activités d'élevage. Actuellement ce sont les ruminants qui contribuent le plus fortement aux émissions de GES, mais le développement de la production de porcs et volailles dans les PED et en Chine devrait accroître la part des monogastriques dans les émissions indirectes liées aux intrants.

La déforestation a des effets directs liés au brûlage, et des effets indirects liés au différentiel de puits de carbone entre la forêt et les cultures ou les pâturages. Ce différentiel pourrait avoir été surévalué. Quoiqu'il en soit, l'élevage est stigmatisé en particulier par les acteurs d'autres secteurs de l'économie. Il faut toutefois relever le défi et proposer des techniques de mitigation, c'est-à-dire de réduction des émissions. En ce qui concerne le méthane, les moyens d'y parvenir sont nombreux : biotechnologies, additifs alimentaires, rations très riches en concentrés ou en certaines sources de lipides (Martin *et al.*, 2009). Ces résultats proviennent d'essais réalisés en milieu tempéré. Il reste à explorer l'effet des ressources des pays tropicaux, comme les fourrages en C4, mais aussi comme des plantes permettant la réduction des émissions (riches en tanins ou en saponines). Exprimées par kg de produit, lait ou viande, il est clair que les émissions de méthane sont d'autant plus fortes que la productivité animale est faible. Cette tendance est particulièrement nette pour les systèmes d'élevage très peu productifs liés à l'agriculture de subsistance. Ceci a conduit récemment de nombreux chercheurs de pays du

Nord (Etats-Unis essentiellement) et même des organismes internationaux (UNFCCC, 2008) à prôner l'intensification des productions comme remède aux émissions de GES par les animaux. C'est oublier que le méthane ne représente, en équivalents CO₂, qu'un peu plus de la moitié des émissions de gaz à effet de serre imputables à l'élevage. L'intensification des productions se traduit généralement par un accroissement de la fertilisation des prairies comme des cultures destinées à l'alimentation animale, et dans le cas des ruminants par un recours plus important à des aliments achetés. La volonté de maximiser la productivité entraîne ainsi des excès azotés se traduisant par des émissions accrues de protoxyde d'azote, et un développement des transports nécessaires à l'approvisionnement des élevages, et donc des émissions de gaz carbonique. Les études publiées jusqu'à présent font ressortir que, même si l'accroissement de productivité tend à réduire les émissions de GES par kg de produit, les différences entre systèmes d'élevage ou entre exploitations agricoles sont très importantes pour une productivité identique, les émissions allant du simple au double (Martin *et al.*, 2009). La quasi totalité des publications disponibles vient des pays tempérés ; il y a un besoin très fort de références obtenues dans les pays du Sud. Elles devraient confirmer que l'élevage extensif est certes fort émetteur de méthane par kg de produit, mais moins émetteur de protoxyde d'azote et de gaz carbonique, en raison de la faiblesse des intrants.

Lutter contre l'effet de serre, consiste à diminuer les émissions de GES vers l'atmosphère mais également à augmenter leur fixation (donc leur réduction dans l'atmosphère) par les compartiments carbonés terrestres entre autres (séquestration du carbone). Globalement les écosystèmes agricoles contiennent de grandes réserves de C dans la matière organique (IPCC, 2007c). Le potentiel mondial de séquestration de C dans la MO du sol des 3,5 milliard d'ha de pâturages permanents est estimée entre 0,01 et 0,3 Gigatonnes C/an qui pourraient compenser jusqu'à 4% des émissions global de GES (Lal, 2004 in Soussana *et al.*, 2009). Selon l'IPCC (2007b), la séquestration de C dans les sols constitue le mécanisme qui aurait le plus fort potentiel de réduction (90%) des émissions du secteur agricole.

Si généralement l'élevage n'apparaît pas comme un puits direct de carbone vis à vis de l'impact climatique, il peut contribuer indirectement au stockage de C lorsque le système utilise des pâturages et des terres cultivées sous couverts. A ce titre, l'élevage d'herbivores fait partie des rares secteurs qui contribuent par leur propre activité à réduire leurs émissions de gaz à effet de serre par des capacités de stockage de carbone sous les surfaces produisant les ressources alimentaires, ce qui n'est pas le cas des monogastriques. Les pâturages tropicaux représentent un pool de stockage de C très élevé (326 Gt C contre 182 pour les prairies tempérées).

Le stock de C immobilisé sous une prairie tempérée est en moyenne de 65 t contre 40 sous une culture annuelle et 70 sous forêt. Au-delà de ce stock de C immobilisé, la prairie est capable de stocker du C supplémentaire provenant de la différence entre les apports de C dans les sols (turnover des racines, des litières, déjections) et les émissions de CO₂ liés à la respiration au niveau du sol et des animaux. Des recherches entreprises en Europe sur 9 sites montrent qu'à l'échelle de la parcelle le bilan de GES attribué aux prairies

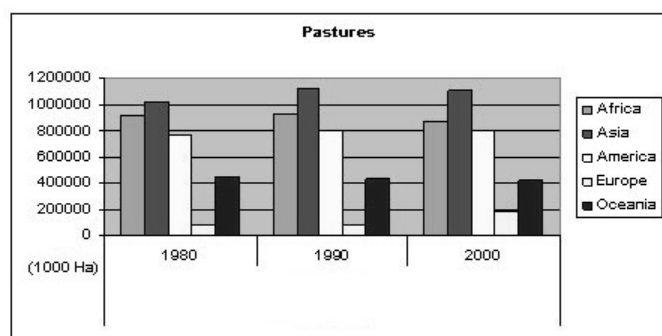
correspond à un puits pouvant atteindre 1t C-CO₂/ha/an). A l'échelle de l'exploitation, le bilan de fermes d'élevage bovin indique, en moyenne, une source de GES, mais le stockage de C peut y compenser jusqu'à 50% des émissions de N₂O du sol et celles de CH₄ dues à la fermentation entérique (Soussana *et al.*, 2009).

Quelle est la validité de ces référentiels récents en contextes tropicaux ? Le cas des zones de déforestation représente un enjeu majeure vis-à-vis du de la dynamique du carbone. Le stock de C dans les sols sous forêt amazonienne dépasse les 100 t. Certaines études montrent qu'après une chute brutale suite à déforestation, les stocks de C dans le sol peuvent se reconstituer peu à peu pour dépasser de 53% celles des sols forestiers après 88 ans (Cerri *et al.*, 2004). Les méthodes mises en place en Europe combinent expérimentation (mesures des flux de GES, des stocks de carbone du sol) et modélisation (bilans GES à différentes échelles). Elles sont en cours de mise en place en zone tropicale à travers des projets commun Inra CIRD. Il s'agit de contribuer de façon originale à la question encore peu abordée de la dynamique du carbone, de la fertilité et du bilan GES dans les systèmes herbagers tropicaux gérés par l'homme pour l'élevage de ruminants, en particulier après déforestation. Ce type de références analytiques alimente ensuite des approches modélisations et systèmes à des échelles plus fines afin de dépasser les constats de performance classiques sur l'état des systèmes basés sur de grandes comparaisons statistiques comme celles de la FAO.

3.2. ELEVAGE, DEGRADATION DES TERRES ET DURABILITE DES ECOSYSTEMES

Les herbages, y compris les prairies semées et les pâturages spontanés, sont parmi les écosystèmes les plus étendus du monde. Compte tenu des données et définitions fournies par la FAO il est possible d'estimer les surfaces des cultures d'herbage et de fourrage à 35 000 000 km² en 2000, ce qui représente 26% de la surface mondiale et 70% des surfaces mondiales cultivées (source FAOstat). Une grande partie de ces espaces est menacée de dégradation.

Figure 1 : Répartition et évolution des herbages par continent (source FAOstat, 2008)



Parmi les zones tropicales humides, le rôle de l'élevage dans la déforestation est particulièrement important en Amérique du Sud et Centrale et dans une plus faible mesure en Afrique Centrale et en Asie du Sud-Est, là où le ranching se développe aux frontières de la forêt tropicale (Steinfeld *et al.*, 1997). Les plus grandes pertes nettes de forêts et celles de carbone qui en résultent (25 % des émissions mondiales de CO₂) ont lieu en Amérique du sud où l'expansion des pâturages et des terres arables pour la culture de céréales fourragères est la plus forte et s'effectue largement au détriment des forêts (perte de 1 %/an de cet

immense massif forestier de 7 millions de km² depuis les années 1970). Au-delà de cette conséquence immédiate et préoccupante, la forêt laisse place à des systèmes extensifs répondant le plus souvent à une stratégie essentiellement foncière qui est en partie à l'origine d'une dégradation, d'un abandon ou d'une sous utilisation. Les sols déforestés subissent en particulier un lessivage très rapide des éléments nutritifs. Plus de 50% des zones de pâturages d'Amazonie seraient désormais abandonnées. Une des voies de recherche possible consiste à comprendre le fonctionnement agro-écologique des systèmes déforestés pour améliorer leur durabilité. Au-delà de l'effet indéniable de la déforestation et du changement du mode d'occupation des sols sur les pertes de carbone, il est important de connaître le devenir du C dans le sol après transformation de la forêt en pâturage (les mécanismes contrôlant la fertilité des sols sous pâturage apparaissent très liés au stockage du C dans le sol (Fontaine *et al.*, 2007 in Soussana *et al.*, 2009). Seules quelques études en Amazonie ont abordé cette question visant à améliorer l'efficacité agronomique et la durabilité de ces systèmes..

Une autre grande partie des pâturages du monde localisée dans les régions semi-arides et subhumides est menacée de dégradation du fait d'une pression croissante sur les ressources de ces zones de développement majeures. Les interactions avec l'environnement y sont très larges (sol, eau, biodiversité). L'irréversibilité des dégradations conduit à la désertification par salinisation ou par induration du sol, par érosion éolienne avec ablation et accumulation de sable, par érosion hydrique ou par aridification du milieu (Steinfeld *et al.*, 1997 et FAOstat). Les enjeux en matière de recherche concernent principalement les modalités d'accès à la terre, l'amélioration des sols, l'amélioration des espèces fourragères et leur gestion (De Haan *et al.*, 1997).

Rompant avec une vision négative du passé, les parcours arides (période de végétation inférieur à 90 j) sont depuis les dernières décennies considérés comme des écosystèmes dynamiques et très résilients, en particulier sous gestion traditionnelle. On constate ainsi une augmentation globale de la productivité des élevages au Sahel (source FAO in De Haan *et al.*, 1997). Le développement non maîtrisé de points d'eau conduit cependant à un désenclavement des terres arides et à leur dégradation qui attendrait seulement 5 à 10% de l'ensemble de ces terres (Steinfeld *et al.*, 1997). Les enjeux de recherche dans ces zones concernent d'abord les sciences humaines et sociales sur les modes traditionnelles de gestion (résolution des conflits notamment) et leur adaptation à un nouvel environnement économique et environnementale (changement climatique). Des plans durables d'anticipation des sécheresses sont par exemple à définir. La mise au point d'indicateurs d'état des ressources doit aussi de poursuivre.

3.3. ELEVAGE, POLLUTION ET GESTION DE LA FERTILITE DES SOLS

Au cours des dernières décennies, la production animale a augmenté rapidement, en particulier dans les pays en développement et dans les pays émergents. Cependant au plan quantitatif, la plupart de la production, n'est pas générée par les systèmes de production traditionnels qui ont caractérisé ces régions pendant des siècles, mais par la production industrielle à grande échelle de porcs, de volaille et de poissons, et dans une certaine mesure, de produits laitiers. La production industrielle à grande échelle

compte pour environ 80 % de l'augmentation de la production. Elle se situe en zones péri-urbaines des PED et dans les pays émergents, et dans des régions à forte densité de population humaine et animale (Asie du Sud-Est et Chine, région des Grands Lacs africains). La production repose presque exclusivement sur les aliments concentrés, souvent importés d'autres régions du pays ou de l'étranger.

Dans de nombreuses régions en développement, cette croissance rapide a été déclenchée par les changements dramatiques dans la nature et la localisation de la production animale. Les systèmes d'agriculture mixte, dans lequel les agriculteurs élevaient quelques animaux à côté de leurs cultures, ont cédé la place à de grandes unités industrielles comprenant des milliers d'animaux.

Cela conduit à la pollution massive de ces zones de concentration et en particulier de leurs eaux de surface et souterraines. Ainsi, la production industrielle à grande échelle, en particulier celles des monogastriques, engendre d'importants dégâts environnementaux avec des conséquences locales (pollution des eaux et des sols) et mondiales (pollution de l'air). Au rôle direct des animaux s'ajoute la pollution liée aux déchets d'abattoir, encore non maîtrisée dans la plupart des métropoles des pays du Sud. L'aquaculture, pour sa part, s'est développée avec une concentration animale excessive dans des lacs et dans des zones de mangrove, où la pollution est désormais intense (FAO, 2006b). Pour toutes les espèces, la pollution concerne en forte partie l'eutrophisation des eaux, due aux effluents d'élevage, mais aussi la pollution par des pesticides organiques ; il faut souligner que dans les pays en développement des pesticides organiques interdits dans les zones tempérées sont encore employés, en raison d'une réglementation plus laxiste liée à une prise de conscience insuffisante des risques environnementaux.

En revanche, dans les zones d'élevage traditionnel (élevage villageois, pastoralisme), l'association d'une faible concentration animale avec des intrants très limités a pour conséquence une très faible pollution, à quelques exceptions près (près des points d'eau,...). Ceci est à souligner, car la faible contribution des systèmes traditionnels à la détérioration de la qualité des eaux et de la pollution des sols compense leur plus forte contribution aux émissions de méthane.

A des degrés divers, le système mixte agriculture-élevage permet l'utilisation des déchets produits par une activité (sous-produits, matière organique) comme apport dans l'autre activité. Le plus classique est l'apport de fumier qui représente environ 22% des apports azotés dans le monde. Cependant la plupart des systèmes de polyculture-élevage dans les pays en développement ont un solde négatif en éléments nutritifs (15 à 100 kg N/ha/an) compensé par un transfert d'éléments fertilisants des zones de pâturages vers les zones de culture (De Wit *et al* in Steinfeld *et al.*, 1997).

Un des enjeux importants pour la recherche réside dans la technologie de traitement des déchets. La valorisation des effluents en région chaude peut utiliser les nombreuses références existantes mais l'enjeu de la recherche consiste à les adapter à l'environnement spécifique aux PED.

3.4. ELEVAGE ET RESSOURCE EN EAU

Le secteur agricole est le secteur de l'économie le plus demandeur en eau. L'élevage en particulier contribuerait à

45% de la demande en eau nécessaire pour l'ensemble de la production d'aliments pour l'homme (abreuvement des animaux, fonctionnement de l'exploitation et industrie induite laiteries, abattoirs, tanneries,...). Mais il s'agit en très grande majorité (plus de 90%) de l'eau nécessaire à la croissance des plantes consommées par les animaux. Il faut toutefois différencier le besoin total en eau de la consommation nette d'eau et pour cette dernière, de l'origine de l'eau (pluie, rivières ou nappes. L'eau nécessaire aux animaux ou contenue dans la biomasse est très largement recyclée ; la consommation nette d'eau par les végétaux vient essentiellement de l'évapotranspiration. A ce titre, l'irrigation est à considérer en priorité. Seul le prélèvement dans les nappes pose problème, à quelques exceptions près (rivières se jetant dans une mer intérieure). Par ailleurs, il est impératif de régionaliser le besoin en eau. Les problèmes de déplétion en eau concernent essentiellement les zones arides des pays du Sud et certaines zones humides où un déficit en eau modifiera l'écosystème (FAO, 2006a).

Le changement climatique accentuera les problèmes d'accès à l'eau. Les précipitations seront modifiées, certaines zones devenant plus arides, comme en Europe, au Maghreb ou au Brésil. Au contraire les précipitations augmenteront, en particulier en zone équatoriale et dans certaines zones tropicales humides. L'incertitude demeure pour certaines zones comme le Sahel. Un des enjeux à très court terme pour la recherche concerne les économies d'eau à réaliser dans les différents systèmes d'élevage en fonction des contraintes climatiques notamment. Celles-ci concerneront les systèmes de production (moindre recours à des aliments nécessitant l'irrigation) et les systèmes d'élevage (place de l'herbe et gestion du pâturage) mais aussi les pratiques culturelles favorisant l'infiltration de l'eau dans le sol et limitant par là même l'érosion.

3.5. ELEVAGE ET BIODIVERSITE

Les pertes de biodiversité et les invasions biologiques sont des phénomènes qui n'épargnent désormais aucune région du monde mais les zones tropicales sont particulièrement concernées en tant que réservoir majeur de cette biodiversité.

La perte de biodiversité biologique dans les zones tropicales humides est fortement liée à la déforestation des forêts tropicales où l'élevage de ruminant est notamment impliqué (cf § 3.2 dégradation des pâturages amazoniens). Depuis 1950, 200 millions d'hectares de forêt tropicales ont disparu entraînant avec elle la raréfaction ou la disparition d'espèces végétales et animales. Les régions tropicales semi-arides et subhumides constituent les régions où les enjeux sur la biodiversité végétale et animale sont les plus forts dans le monde. Concernant les espèces végétales envahissantes elles constituent souvent une double menace pour la biodiversité naturelle d'une part et pour les écosystèmes agricoles d'autre part avec des interactions souvent fortes. Dans les pâturages, les plantes envahissantes ont la faculté de prendre la place des espèces fourragères du fait de leur agressivité et de leur inappétibilité pour le bétail, ce qui entraîne de lourdes conséquences sur la viabilité écologique et économique des systèmes concernés. Dans les savanes subhumides l'invasion d'adventices (pasture weeds) est un problème très préoccupant. Aux Philippines et en Indonésie la graminée pantropicale *Imperata Cylindrica* (une des pestes majeures au plan

mondial) envahit plus de 5 millions d'hectares. En Afrique, l'invasion d'arbustes et de plantes à feuilles larges menace les zones de savanes (de Haan *et al.*, 1997). Les milieux insulaires constituent des écosystèmes particulièrement vulnérables aux invasions biologiques, ils sont aussi souvent détenteurs d'une forte spécificité biologique. Dans les territoires insulaires de l'Océan Pacifique, le problème a atteint des proportions considérables où les pâturages sont souvent impliqués, plus de 500 espèces d'adventices y ont été inventoriés (Blanfort et Orapa, 2008).

La faune sauvage est une ressource économique non négligeable en Afrique dans la mesure où une grande partie localisée à l'extérieur des parcs naturels est exploitée par les populations locales. Les interactions entre la faune sauvage et le bétail sont très complexes mais la plupart des études scientifiques s'accordent désormais sur les bienfaits de la complémentarité faune sauvage-bétail domestique sur l'exploitation des ressources sur la ressource pâturage et sur la diversité des espèces elle-même (de Haan *et al.*, 1997).

Les menaces sur la biodiversité en zones arides sont considérées comme faibles avec des écosystèmes pastoraux qui contribuent à maintenir une large biodiversité végétale.

Face à cette situation, depuis une quinzaine d'années, les invasions biologiques, animales et végétales, suscitent un intérêt majeur pour la recherche scientifique. L'intégration des activités d'élevage d'herbivores dans une démarche concertée et globale incluant les milieux naturels et anthropisés à plusieurs échelles est une des conditions d'une recherche efficace dans ce domaine (Blanfort et Orapa, 2008).

DISCUSSION

Le parcours rapide et forcément incomplet qui vient d'être réalisé fait état de la diversité des enjeux concernant l'élevage et l'environnement au sud. Deux scénarios semblent se dessiner. La tendance actuelle montre une dichotomie croissante entre un secteur moderne d'élevage intensif dans certains Suds concernant surtout les productions laitières, l'élevage de monogastriques (porcs, volailles, ...) et l'aquaculture, et un secteur traditionnel relégué sur les terres les plus marginales par les cultures et les biocarburants. D'autre part il reste à préciser des scénarios d'évolution avec des fonctionnements nouveaux.

Ainsi la mise en place (déjà en œuvre) d'une taxe carbone au Nord réinvestie dans l'aide à la restauration des écosystèmes au Sud (visant à éviter la déforestation, à réduire la perte de C des sols, les émissions trop fortes de méthane, préserver la biodiversité, etc...), pourrait contribuer à l'émergence au Sud de formes d'élevage 'durables', modernisées à certains égards, à faible impact environnemental et capables d'assurer des services écologiques.

Face à ces tendances, comment la recherche peut-elle accompagner l'évolution des systèmes d'élevage et celles de leur interaction avec l'environnement ? Dans les systèmes de polyculture-élevage, l'objectif de production doit s'accompagner d'un rôle de transformation des ressources naturelles. Dans les systèmes spécialisés, les technologies mises en œuvre doivent sauvegarder les ressources naturelles et augmenter les capacités de recyclage et de valorisation des déchets (Faye et Alary, 2001).

Au plan technique, on peut retenir quatre ensembles :

- les techniques visant à réduire la dégradation de l'environnement concernant la diminution de la pression sur les ressources naturelles (par exemple par une gestion plus adaptée des points d'eau dans les zones pastorales), la réduction de la pollution par la modification des caractéristiques physico-chimiques des produits (amélioration des techniques de stockage et de transformation des rejets d'effluents notamment) ;
- les techniques permettant d'économiser les ressources naturelles, cherchant à adapter l'alimentation animale aux exigences de la production, à améliorer la digestibilité des régimes alimentaires ;
- les techniques d'amélioration des ressources naturelles afin de les rendre plus productives, mettant en œuvre la pratique du sur-semis, le maintien de la fertilité organique des sols par l'intégration agriculture-élevage ;
- les techniques assurant une transformation efficace des déchets en produits avec par exemple l'utilisation des déchets d'élevage en aliments pour animaux, en engrais ou en énergie (biogaz).

Dans le domaine social, un verrou important concerne les conséquences à long terme du changement climatique sur les sociétés très structurées par l'élevage (Sud). Elles font l'objet de spéculations, mais peu de modèles ont été développés.

Les services écologiques occuperont de plus en plus une place croissante dans les questionnements scientifiques. La recherche d'un équilibre entre services de production (dont agricole) et la préservation des autres services permettant le bien-être humain (régulation du climat et de la qualité de l'environnement, contrôle biologique, valeurs culturelles...) est présentée comme un des piliers du développement durable. A cette fin il est nécessaire de développer des méthodes pour quantifier les services produits par différents types d'écosystèmes, en analyser les mécanismes, et en particulier comprendre les contraintes et les opportunités pour la fourniture simultanée de plusieurs services. Ces questions font maintenant partie des affichages prioritaires, du niveau régional ou national au niveau des grands projets de recherche internationaux.

Face à ces tendances, les questions posées à la recherche concernant les interactions de l'élevage avec l'environnement sont-elles si différentes au Sud et au Nord ?

En aval les aspects socio-économiques apparaissent souvent très spécifiques. Concernant les processus biologiques, les thématiques et les objets sont similaires, donc les approches et les outils transposables mais avec des adaptations indispensables. L'élargissement des gammes de situations qu'offrent les régions chaudes présente un réel intérêt notamment vis-à-vis des changements climatiques à venir. La mise en commun des recherches du Nord et du Sud offrent donc des bénéfices mutuels, ce qui n'a guère été pratiqué jusqu'à présent. Les moyens de recherche étant essentiellement au Nord, une réelle coopération Nord-Sud entre organismes de recherche est à encourager sur la base des nombreux réseaux d'alliance existants déjà. Dans cette optique, on peut souligner la place des territoires d'Outre Mer français qui apparaissent comme des lieux privilégiés de recherche et coopérations dans les zones chaudes.

CONCLUSION

L'augmentation des productions animales d'ici 2050 se fera essentiellement au Sud, et sera essentiellement le fait des monogastriques. Elle devra dans le même temps réduire ses impacts environnementaux, ce qui constitue une spécificité des PED et des pays émergents par rapport aux enjeux actuels au Nord. Une des questions posées à la recherche consiste à savoir comment rendre le développement de l'élevage de ruminant (au sud en particulier) socialement et écologiquement acceptable dans le cadre de contraintes environnementales croissantes, suffisamment performant pour contribuer à la demande alimentaire et économiquement viable en regard de la globalisation et des enjeux sur la pauvreté. L'ensemble constitue un vaste champ d'investigation pour la recherche !

La capacité de la recherche à apporter des réponses peut par exemple aider à résoudre un des dilemmes du développement au Sud. Préserver l'espace pastoral, en améliorant la productivité de ses systèmes de production animale (jugée trop faible aujourd'hui en regard de ses impacts environnementaux) contribuerait au maintien de population menacées au plan économique et social. Inversement, l'intensification des productions (s'appuyant notamment sur les monogastriques) peut nécessiter l'extension des cultures sur les surfaces consacrées à l'élevage pour nourrir « les villes ».

L'avenir ne sera sans doute pas aussi tranché. Mais quelques soient les tendances, la recherche sur les productions animales des régions chaudes qui avait l'habitude de travailler essentiellement dans les zones rurales, devra désormais plus intégrer les zones péri-urbaines. Autre évolution souhaitable sans doute encore plus au sud qu'au Nord, la complexité des questions environnementales nécessitera de s'appuyer sur le rapprochement des sciences biologiques et des SHS. L'approche transversale complète les approches disciplinaires en offrant une meilleure compréhension de la place de l'homme comme composante des écosystèmes, une aide à l'amélioration des modes de pilotage traditionnels, et à la mise en place de nouvelles façons de faire, en précisant les seuils de vulnérabilité des systèmes dépassant les seuls processus biologiques.

REMERCIEMENTS

Vincent Blanfort est financé par les fonds structurels européens, programme Opérationnel FEDER 2007-2013.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Blanfort V., Orapa, W. (Eds) 2008. Ecology, impacts and management of invasive plant species in pastoral areas. Proceedings of the Regional Workshop on Invasive Plant Species in Pastoral Areas, 24-28 november 2003, Koné, New Caledonia Caledonia. IAC/SPC, Suva, 201p.

Campbell, K.L.I., Hodgson, N.H., Gill, M. 1999. Livestock and Environment Toolbox. CD-ROM. Livestock, Environment and Development (LEAD) Initiative. Food and Agriculture Organisation of the United Nations FAO. Rome. ISBN 92-5-104445-7.

Cerri, C.E.P., Paustian, K., Bernoux, M., Victoria, R. L., Mellilo, J. M., and Cerri, C. C. 2004. Modelling changes in soil organic matter in Amazon forest to pasture conversion, using the Century model. *Global Change Biology* 10:815–832.

Coulon, J.B., Lecomte P. 2009. Dispositif de recherches INRA-CIRAD sur les productions animales en régions chaudes : Contexte, état des lieux, perspectives. INRA CIRAD 41p.

De Turckheim E., Hubert B., Messéan A. 2009. Concevoir et construire la décision. Démarches en agriculture, agroalimentaire et espace rural. Ed Quae, Versailles, 359p.

FAO, 2009. Livestock in a changing landscape. United Nations Food and Agriculture Organisation, Rome, Island Press, 864 p.

FAO, 2003. World agriculture: towards 2015/2030: an FAO perspective, Ed. J. Bruinsma Earthscan Publications Ltd, London 407 p.

FAO, 2006a. Livestock's Long Shadow, Environmental issues and options. United Nations Food and Agriculture Organisation, Rome, 390 p.

FAO, 2006b. State of world aquaculture 2006. FAO Fisheries Technical paper 500, FAO, Rome. 134 p.

FAOSTAT. <http://faostat.fao.org/default.aspx?lang=fr>

Faye B., Alary V. 2001. Les enjeux des productions animales dans les pays du Sud. INRA Prod. Anim., 14, 3-13.

De Haan, C., Steinfeld, H., Blackburn, H. 1997. Livestock and the Environment: Finding a Balance, 186 p. http://gis.lrs.uoguelph.ca/agrienvarchives/bioenergy/download/livestock_env_fao.pdf

IPCC 2007a. Climate change 2007: synthesis report. http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr.pdf.

IPCC 2007b. Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Metz, O.R. Davidson, P.R. Bosch, R. Dave, L.A. Meyer (eds)], Cambridge University Press.

IPCC 2007c. Climate change 2007: The scientific basis (Contribution of Working Group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change). Cambridge: Cambridge University Press.

Martin, C., Morgavi, D.P., Doreau, M. 2009. Methane mitigation in ruminants: from the rumen microbes to farm scale. *Animal*, publié en ligne par Cambridge University Press 3 août 2009, doi: 10.1017/S1751731109990620.

Steinfeld, H., de Haan, C., Blackburn, H. 1997. Livestock and the Environment: Issues and Options. In Lutz E. Agriculture and the environment. Perspectives on sustainable rural development. The World Bank, Washington, DC, USA, 56p.

UNFCCC 2008. Challenges and opportunities for mitigation in the agricultural sector. 101 p. <http://unfccc.int/resource/docs/2008/tp/08.pdf>.

Soussana, J.F., Tallec, T., Blanfort, V., 2009. Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal*, Publié en ligne par Cambridge University Press 22 Sep 2009, doi:10.1017/S1751731109990784